



## Hvordan dokumenterer vi den naturlige anaerobe dechlorering i forureningsfaner?

Vurdering af udviklingen i den naturlige nedbrydning i forureningsfanen efter termisk oprensning af PCE kildeområde, Rødekro case

**Broholm, Mette Martina; Badin, Alice; Jacobsen, Carsten S.; Dennis, Phil; Just, Niels; Hunkeler, Daniel**

*Published in:*  
ATV møde Januar 2015

*Publication date:*  
2015

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Broholm, M. M., Badin, A., Jacobsen, C. S., Dennis, P., Just, N., & Hunkeler, D. (2015). Hvordan dokumenterer vi den naturlige anaerobe dechlorering i forureningsfaner? Vurdering af udviklingen i den naturlige nedbrydning i forureningsfanen efter termisk oprensning af PCE kildeområde, Rødekro case. In *ATV møde Januar 2015* ATV Jord og Grundvand.

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

## **HVORDAN DOKUMENTERER VI DEN NATURLIGE ANAEROBE DECHLORERING I FORURENINGSFANER?**

- Vurdering af udviklingen i den naturlige nedbrydning i forureningsfanen efter termisk oprensning af PCE kildeområde, Rødekro case

Lektor Mette M. Broholm

DTU Miljø, mibr@env.dtu.dk,

PhD studerende Alice Badin, Université de Neuchatel, Professor Carsten S. Jacobsen, GEUS, Dr. Phil Dennis, SiREM, Geolog Niels Just, Region Syddanmark og Professor Daniel Hunkeler, Université de Neuchatel

### **Introduktion**

Ved mødet vil præsentation mv. omfatte:

- Dokumentationsmetoder for naturlig anaerob dechlorering
- Case, Rødekro faneudvikling 8 år efter termisk kildeoprensning
- Øvelse i anvendelse af isotopfraktionering og mikrobielle data til dokumentation

Abstractet herunder omhandler alene Rødekro casen.

### **Baggrund og formål**

Der blev i 2006-2007 gennemført et teknologi-projekt med vurdering af anvendeligheden af stabile isotoper til vurdering af den naturlige nedbrydning i forureningsfanen fra det tidligere centralrenseri i Rødekro (Broholm et al. 2009, Hunkeler et al., 2010), hvor det ved hjælp af stabile isotoper blev dokumenteret, at cDCE såvel som TCE og PCE nedbrydes ved mikrobiel reduktiv dechlorering, samt dokumenteret at VC nedbrydes i fanen. Detektion af specifikke nedbrydere bestyrkede at nedbrydningen af cDCE er mikrobiel. Den ved bestemmelsen af stabile isotoper opnåede viden om nedbrydning var af afgørende betydning for risikovurderingen af forureningsfanen. En termisk oprensning af kildeområdet ved dampinjektion blev foretaget i 2006, og Region Syddanmark har siden foretaget løbende monitoring af udviklingen i forureningskoncentrationer og sammensætning i udvalgte filtre.

Projektet har overordnet til formål at vurdere udviklingen i nedbrydningen af chlorerede ethener i forureningsfanen i grundvandet nedstrøms det tidligere centralrenseri i Rødekro efter den omfattende dampoprensning af PCE i kildeområdet foretaget for 8 år siden.

### **Metode, teknik,**

I juni 2014 er gennemført en samlet prøvetagningsrunde for 43 filtersatte boringer overvejende i et langsgående transekt i forureningsfanen. Der er foretaget analyser for chlorerede ethener, potentielle nedbrydningsprodukter og redoxparametre for samtlige filtre. For omtrent samtlige filtre udføres analyser for stofs specifik kulstof og chlor isotopfraktionering for chlorerede ethener. Metoden kan både dokumentere nedbrydning og belyse nedbrydningsproces/-vej for forureningen. For 12-15 udvalgte filtre er foretaget analyser for specifikke nedbrydere (Dhc) og gener (Vcr) også udført mRNA analyser, som belyser aktiviteten af de specifikke nedbrydere. Endvidere udføres pyrotag sequencing som belyser sammensætningen af bakterier (nedbrydere), hvilket kan belyse om der er forskel på den mikrobielle sammensætning og dermed i nedbrydning i forskellige områder i fanen.

## Resultater, foreløbig konklusion og perspektivering

Koncentrationsniveauet i og umiddelbart nedstrøms kildeområdet er blevet væsentligt lavere som direkte effekt af oprensning i kildeområdet. Frigivelse af NVOC ved den termiske oprensning i kildeområdet har ført til stimulering af PCE, TCE og cDCE nedbrydning ved reduktiv dechlorering fra kildeområdet til mellem 350 m og 750 m nedstrøms samt af VC umiddelbart nedstrøms det behandlede område. Nedbrydningen er dokumenteret ved carbon- og chlor-isotopfraktionering. Nedbrydningen sker potentielt ved flere forskellige sideløbende nedbrydningsprocesser. Specielt i 350 m ses en meget stor variation i redoxforhold over dybden, og der er ved pyrotaq seequensing observeret en meget bred sammensætning af bakterier med relativt høje indhold af Dhc og andre anaerobe dechlorerende bakterier samt af aerobe oxiderende bakterier. Aktivitet af Dhc er påvist ved RNA bestemmelse.

Der er endvidere sket en yderligere reduktion af redoxforholdene centralt i fanen (>750/1050-1450 m nedstrøms behandlingsområdet), som muligvis er en afledt effekt af den termiske oprensning og frigivelsen af organisk stof. Dette har medvirket til en væsentlig øget nedbrydning af specielt cDCE, som specielt kommer til udtryk ved carbon-isotopfraktionering i 1050 m (B34), i fanen. I denne afstand ved pyrotaq seequensing observeret en meget bred sammensætning af bakterier, og der er også dokumenteret aktivitet af Dhc. Der foregår således mikrobiel nedbrydning af chlorerede ethener ved reduktiv dechlorering, men potentielt også nedbrydning af DCE og/eller VC ved oxidation. Den øgede nedbrydning af DCE centralt i fanen sker tilsyneladende uden forøgelse af VC koncentrationerne i fanen. Inddragelse af ny viden omkring dobbelt-isotop (carbon kombineret med chlor) udvikling ved forskellige nedbrydnings-processer ved tolkning af cDCE isotopdata fra 2006-7 indikerer endvidere, at abiotisk nedbrydning kan være af væsentlig betydning i fanen. Udvikling af jern-sulfat reducerende forhold med udfældning af frisk FeS kan have medført øget abiotisk nedbrydning, hvilket kan være en forklaring på øget DCE nedbrydning uden øget dannelse af VC.

Fanen udbreder sig fortsat langsomt i nedstrøms retning, og yderst i fanen er cDCE såvel som VC nedbrydning tilsyneladende aftaget. Dette observeres ved lavere carbonisotopfraktionering svarende til at en mindre andel af cDCE og VC er nedbrudt yderst i fanen i 2014 end i 2006-7. En relativt bred sammensætning af bakterier med flere anaerobt dechlorerende bakterier, som er observeret ved pyrotaq seequensing, og jernreducerende forhold samt potentiel abiotisk nedbrydning med beskeden VC dannelse virker dog lovende for fortsat massefjernelse i fanen.

Den samlede forureningsmasse i fanen er aftagende. Det er ikke muligt at forudsige om de mere reducerende forhold centralt i fanen vil brede sig nedstrøms, stagnere eller ligefrem vende tilbage til mindre reducerede. Men der forventes på sigt at frigives fortsat aftagende koncentrationer af NVOC fra det behandlede område, og ilt og nitrat vil fortsat infiltrere til øvre del af fanen og potentielt atter øge pyritoxidationen med mindre reducerede forhold til følge. Det er derfor meget vanskeligt at forudsige, om naturlig nedbrydning med tiden vil føre til komplet fjernelse af forureningen.

Risikoen ved fanen er aftaget betydeligt med de aftagende koncentrationer og den aftagende VC dannelse. Risikoen forventes ikke at øges, idet koncentrationsniveau ikke stiger og der ikke er nogen indikationer på væsentlig produktion eller ophobning af VC.

Anvendelsen af nyere stabile isotopmetoder og mikrobielle metoder har givet indsigt i kompleksiteten af nedbrydningsprocesser i forureningsfanen og givet essentiel information for vurdering af nedbrydningen og risikovurdering for forureningsfanen.

## Litteraturhenviisning

Broholm, M.M., Badin, A., Jacobsen, C.S., Hunkeler, D., 2014. Rødekro 2014. Vurdering af udviklingen i den naturlige nedbrydning i nedstrøms forureningsfane efter kildeoprensning. DTU Miljø, 2014. Publiceres ved endt projekt på [www.sara.env.dtu.dk](http://www.sara.env.dtu.dk).